

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-163531

(43)Date of publication of application : 19.06.1998

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 08-331659

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 26.11.1996

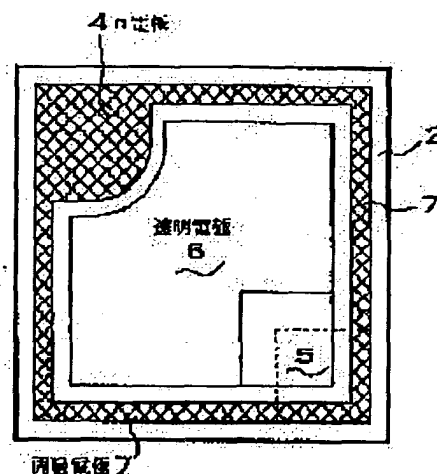
(72)Inventor : YAMADA MOTOKAZU

(54) LIGHT-EMITTING DIODE HAVING ELECTRODE AT PERIPHERY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To minimize the reduction of the light-emitting output and lower the forward voltage.

SOLUTION: A light-emitting diode having an electrode at the periphery comprises a nitride semiconductor layer, including a light-emitting layer on a square flat substrate, and a pair of p and n-electrodes 5, 4, formed on the surface on which the nitride semiconductor layer, is formed. The diode has a square flat shape, as seen from the electrodes disposed at the corners of the diode along its diagonal line. One of the paired p and n-electrodes 5, 4 is connected to a peripheral electrode 7 disposed at the periphery of the diode, and the other is connected to a transparent electrode 6 disposed inside the peripheral electrode 7.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3244010

[Date of registration]

26.10.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-163531

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

E

C

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平8-331659

(22) 出願日

平成 8 年(1996) 11月26日

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 山田 元量

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

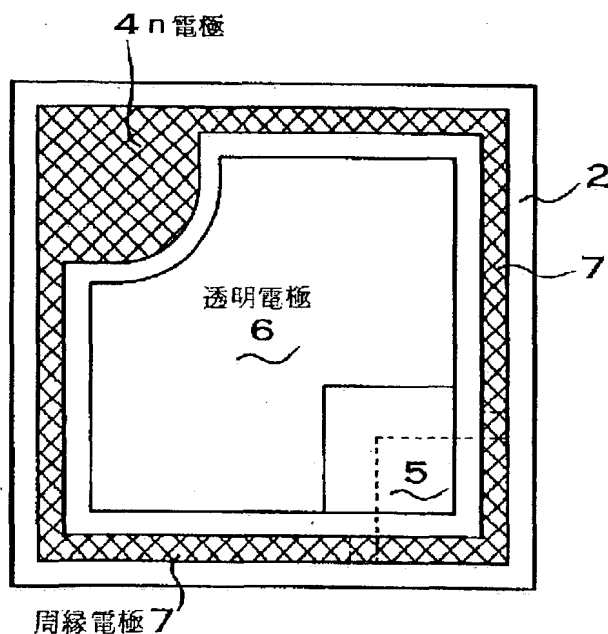
(74) 代理人 弁理士 豊栖 康弘

(54) 【発明の名称】 周縁に電極を有する発光ダイオード

(57) 【要約】

【課題】 発光出力の低下を最小にして、しかも順方向電圧 V_f を低下させる。

【解決手段】 周縁に電極を有する発光ダイオードは、四角い平面形状の基板 1 の上に、発光層を含む窒化物半導体層が積層されており、窒化物半導体層の同一面側に、p 電極 5 と n 電極 4 からなる一対の電極が形成されている。発光ダイオードは、電極側から見て四角い平面形状をしており、p 電極 5 と n 電極 4 が、四角い発光ダイオードの隅部に位置して対角線上に配設されている。p 電極 5 と n 電極 4 からなる一対の電極は、一方の電極に周縁電極 7 が接続され、他方の電極には透明電極 6 が接続されている。周縁電極 7 は発光ダイオードの外周縁に沿って設けられ、透明電極 6 は、周縁電極 7 の内側に設けられている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 四角い平面形状の基板(1)の上に、発光層を含む窒化物半導体層が積層されており、その窒化物半導体層の同一面側に、p電極(5)とn電極(4)からなる一対の電極が形成されてなる発光ダイオードにおいて、前記発光ダイオードは、電極側から見て四角い平面形状をしていると共に、p電極(5)とn電極(4)が、四角い発光ダイオードの隅部に位置して対角線上に配設されており、p電極(5)とn電極(4)からなる一対の電極は、一方の電極に周縁電極(7)が接続され、他方の電極には透明電極(6)が接続され、周縁電極(7)は発光ダイオードの外周縁に沿って設けられ、透明電極(6)は、周縁電極(7)の内側に設けられてなることを特徴とする周縁に電極を有する発光ダイオード。

【請求項2】 四角い平面形状の基板(1)の上に、発光層を含む窒化物半導体層が積層されており、その窒化物半導体層の同一面側に、p電極(5)とn電極(4)からなる一対の電極が形成されてなる発光ダイオードにおいて、前記発光ダイオードは、電極側から見て四角い平面形状をしていると共に、p電極(5)とn電極(4)が、四角い発光ダイオードの隅部に位置して対角線上に配設されており、p電極(5)とn電極(4)からなる一対の電極は、一方の電極に周縁電極(7)が接続され、他方の電極には透明電極(6)が接続され、周縁電極(7)は発光ダイオードの外周縁に沿って設けられ、透明電極(6)は、周縁電極(7)の内側に設けられており、さらに、周縁電極(7)は、透明電極(6)に電気接続される電極が設けられた隅部で切欠かれて、透明電極(6)に接続される電極が設けられた隅部を除く外周部に設けられてなることを特徴とする周縁に電極を有する発光ダイオード。

【請求項3】 周縁電極(7)がn電極(4)に接続され、透明電極(6)がp電極(5)に接続されてなる請求項1または2に記載される周縁に電極を有する発光ダイオード。

【請求項4】 n電極(4)とp電極(5)との形状が、互いに異なる平面形状を有する請求項1または3に記載される周縁に電極を有する発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体発光ダイオードに関し、とくに、動作電圧を低くできる発光ダイオードに関する。本明細書において、「発光ダイオード」はレーザーダイオードを含む広い意味に使用する。

【0002】

【従来の技術】 絶縁性基板の同じ面に、p電極とn電極を設けた窒化物半導体層を有する発光ダイオードの平面図を図1に、断面図を図2に示す。この図の発光ダイオードは、絶縁性基板1の上にn型窒化物半導体層2とp型窒化物半導体層3とを積層している。p型窒化物半導体層3は、n電極4を設ける隅部を除いた部分に設け、

p型窒化物半導体層3のない隅部にn電極4を配設している。p型窒化物半導体層3は、表面に透明電極6を積層し、この透明電極6の隅部にp電極5を接続している。

【0003】 この図に示す発光ダイオードは、p電極5から供給される電流を、透明電極6でp型窒化物半導体層3の全面に拡散して流すことができる。このため、pn接合で発光する光を、透明電極6から外部に効率よく取り出しできる特長がある。ただ、発光層を窒化物半導体層とする発光ダイオードは、規定の電流を流すためにp電極とn電極とに加える電圧、すなわち、順方向電圧Vfが高い。赤色の発光ダイオードは、20mA定格電流を流す順方向電圧Vfが約2Vである。これに対して、窒化物半導体層の発光ダイオードは、同じ電流を流す順方向電圧Vfが、約3.5Vである。順方向電圧Vfが高いことは、たとえば、電池駆動の用途に著しく制約を受けることがある。このため、窒化物半導体層の発光ダイオードは、順方向電圧Vfをできる限り低くすることが切望されている。

【0004】 発光ダイオードの順方向電圧Vfは、たとえば、特開昭54-6787号公報に記載されるように、外周に沿って電極を設ける構造で低くできる。この公報に記載される発光ダイオードは、図3に示すように、外周の全体と、その中心部とに一対の電極を配設している。この電極構造の発光ダイオードは、絶縁性基板1を四角い平面形状として、その片面に、リング状の周縁電極7と、この周縁電極7の中心に他方の電極8を配設している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 この構造の発光ダイオードは、順方向電圧Vfを低くできるが、絶縁性基板1の四隅部を発光できないので、全体として発光出力が小さくなる欠点がある。さらに、周縁電極7を幅の狭いリング状とするので、ワイヤーボンドを確実に接続できない欠点がある。さらにまた、ワイヤーボンドするために、中心の電極8を大きくすると、発光面積が小さくなって、全体としての発光出力が低下する欠点がある。

【0006】 すなわち、図1に示すように、ワイヤーボンドする電極を対角線上に配設する発光ダイオードは、発光領域を広くして発光出力を大きくできるが、順方向電圧Vfが高くなる。図3に示すように、中心とその周縁に電極を配設すると、順方向電圧Vfを低くできるが、発光領域が狭くなって発光出力が弱くなる欠点がある。

【0007】 本発明は、これ等の欠点を解消することを目的に開発されたものである。本発明の重要な目的は、互いに相反する特性である、発光出力の低下を最小にして、しかも順方向電圧Vfを低くできる発光ダイオードを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に記載する発光ダイオードは、前述の目的を達成するために下記の構成を備える。発光ダイオードは、四角い平面形状の基板1の上に、発光層を含む窒化物半導体層が積層されており、その窒化物半導体層の同一面側に、p電極5とn電極4からなる一対の電極を形成している。

【0009】さらに、本発明の発光ダイオードは、電極側から見て四角い平面形状をしており、p電極5とn電極4を、四角い発光ダイオードの隅部に位置して対角線上に配設している。p電極5とn電極4からなる一対の電極は、一方の電極に周縁電極7を接続し、他方の電極には透明電極6を接続している。周縁電極7は、発光ダイオードの外周縁に沿って設けられ、透明電極6は、周縁電極7の内側に設けられている。

【0010】請求項1に記載される発光ダイオードの平面図を図4に、断面図を図5に示す。これ等の図に示す発光ダイオードは、四角い平面形状の隅部に位置して、対角線上にワイヤーボンドするためのp電極5とn電極4を配設している。n電極4には周縁電極7を接続し、p電極5には透明電極6を接続している。周縁電極7は、四角い発光ダイオードの外周縁に設けられ、透明電極6は、この周縁電極7の内側に配設されている。

【0011】この電極構造の発光ダイオードは、p電極5とn電極4の面積を大きくして、確実にワイヤーボンドできる。また、発光層の発光を透明電極6から外部に効率よく放射できる特長がある。さらに、全周に周縁電極7を設けているので、順方向電圧Vfを低くできる特長もある。

【0012】ただ、この構造の発光ダイオードは、図1に示す発光ダイオードに比較すると、p型窒化物半導体層3と透明電極6の面積が小さくなって、全体としての発光出力が低下する欠点がある。すなわち、図1に示すように、p型窒化物半導体層3と透明電極6の面積を大きくすると、発光出力は大きくなるが順方向電圧Vfが高くなり、図4に示すように、周縁に周縁電極7を設けると順方向電圧Vfは低下するが、発光出力が低下する欠点がある。

【0013】さらに、この欠点を解消する発光ダイオードが請求項2に記載する発光ダイオードである。請求項2に記載する発光ダイオードは、前述の目的を達成するために、図6に示すように、周縁電極を独特の構成としている。周縁電極7は、透明電極6に電気接続される電極を設けている隅部で切欠しており、透明電極6に接続される電極を設けられた隅部を除く外周部に設けている。

【0014】さらにまた、本発明の請求項3に記載する発光ダイオードは、周縁電極7をn電極4に接続し、透明電極6をp電極5に接続している。

【0015】また、本発明の請求項4に記載する発光ダイオードは、n電極4とp電極5との形状が、互いに異

なる平面形状を有する。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施例は、本発明の技術思想を具体化するための発光ダイオードを例示するものであって、本発明は発光ダイオードを下記のものに特定しない。

【0017】さらに、この明細書は、特許請求の範囲を理解し易いように、実施例に示される部材に対応する番号を、「特許請求の範囲の欄」、および「課題を解決するための手段の欄」に示される部材に付記している。ただ、特許請求の範囲に示される部材を、実施例の部材に特定するものでは決してない。

【0018】図4ないし図7は、本発明の実施例の発光ダイオードを示す。これ等の図に示す発光ダイオードは、四角い平面形状の絶縁性基板1の上に、発光層を含む窒化物半導体層を積層しており、窒化物半導体層の同一面側、図5と図7において上面に、p電極5とn電極4からなる一対の電極を設けている。p電極5とn電極4は、互いに異なる平面形状をしている。p電極5は方形状で、n電極4は、図において右下のコーナー部を湾曲させる形状としている。

【0019】さらに、図に示す発光ダイオードは、電極側である上面から見て、図4と図6に示すように、四角い平面形状をしている。また、p電極5とn電極4を、四角い発光ダイオードの隅部に位置して対角線上に配設している。図の発光ダイオードは、n電極4を左上の隅部に、p電極5を右下の隅部に配設している。

【0020】基板1に積層される、発光層を含む窒化物半導体層は、バッファ層9を介して基板1に積層されるn型窒化物半導体層2と、このn型窒化物半導体層2に積層される多重半導体層10とからなっている。バッファ層9とn型窒化物半導体層2とは、四角い平面形状の絶縁性基板1の全面に設けられている。したがって、これ等の層は、基板1と同じ外形の四角い平面形状をしている。

【0021】多重半導体層10は、n電極4と周縁電極7を設ける平面を除く部分に設けられている。さらに、多重半導体層10は、n電極4に接触しないように、n電極4と周縁電極7から多少離して積層されている。図6の発光ダイオードは、左上の隅部にn電極4を、右下の隅部を除く外周縁に周縁電極7を設けている。このため、多重半導体層10は、n電極4が設けられる左上の隅部と、周縁電極7が設けられる周縁部との平面を除く部分に積層されている。さらに、図7に示す発光ダイオードは、多重半導体層10を、n型窒化物半導体層2の外周縁よりも多少内側に位置する外形に形成して、その外周面をSiO₂の保護膜11で被覆している。

【0022】p電極5とn電極4からなる一対の電極は、一方の電極であるn電極4に周縁電極7を接続して

いる。他方の電極となるp電極5には透明電極6を接続している。周縁電極7は、発光ダイオードの外周縁に沿って設けられ、透明電極6は、周縁電極7の内側に設けられている。図に示す発光ダイオードは、周縁電極7をn型窒化物半導体層2の外周縁に沿って設けているが、n電極4とn型窒化物半導体層2の外周縁をぴったりと一致させる形状としていない。n電極4の外側縁は、n型窒化物半導体層2の外側にほぼ一致しているが、多少内側に位置するように配設している。周縁電極7に加えて、n電極4とp電極5も、発光ダイオードの外周縁より多少内側に配設している。

【0023】さらに、図4の発光ダイオードは、周縁に配設される周縁電極7を全周に設けているが、図6の発光ダイオードは、周縁電極7を、全周には設けていない。周縁電極7は、p電極5を設けている右下の隅部で切欠して、p電極5を設けている隅部を除く外周部に設けられる。図6の発光ダイオードは、右下の隅部にp電極5を設け、左上の隅部にn電極4を設け、p電極5とn電極4を設けている隅部を除く周縁に沿って周縁電極7を設けている。周縁電極7は、p電極5に接触しないように、p電極5から離して、n電極4に接続して設けている。

【0024】n電極4と周縁電極7は、n型窒化物半導体層2に、AlとTi、あるいはAlとWを2 μ mの膜厚に蒸着して設けられる。

【0025】透明電極6は、多重半導体層10の最表面に、例えばPd（パラジウム）を30オングストロームの膜厚で蒸着して設けられる。蒸着後、Pd膜は透光性を示す。透明電極6は、多重半導体層10のほぼ全面に形成して、良好なオーミック接触を得るとともに、電流を多重半導体層10全体に均一に広げる。透明電極6を設けた後、透明電極6の右下の隅部に、AuとNiを含むp電極5を2 μ mの膜厚で形成する。n電極4は、透明電極6とp電極5を蒸着した後、露出したn型窒化物半導体層2に蒸着して設けられる。透明電極6とp電極5とn電極4は、最後にアニール装置で400℃以上で熱処理して、合金化させる。

【0026】透明電極6には、NiとAuを含む金属の他、Pdに加えて、白金（Pt）、ロジウム（Rh）、ルテニウム（Ru）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）、ニッケル（Ni）、金（Au）よりなる群から選択された少なくとも一種の金属を含むことができる。これらの元素をPdに添加する透明電極6は、多重半導体層10とのオーミック性を損なうことなく、電極の透光性を保つことができる。なお添加した後の電極構造としては、薄膜を積層した積層構造でも良いし、積層構造が熱アニールされて合金化された状態でも良く、また最初から合金の状態としても良い。中でも、PdにAuを添加する透明電極は、Auを含むボンディングパッド電極と接着性が良いので、非常に好ましい。透明電極6

は、膜厚を50nm以下、さらに好ましくは20nm以下として、好ましい透光性を示す。

【0027】多重半導体層10が積層されるn型窒化物半導体層2は、n型クラッド層兼n型コンタクト層である。この層に積層される多重半導体層10は、単一量子井戸、もしくは多重量子井戸構造を有する窒化物半導体層の活性層10Aと、p型窒化物半導体層のp型クラッド層10Bと、p型GaNのp型コンタクト層10Cとからなり、このp型コンタクト層10のほぼ全面（70%以上の面積）に透明電極6を積層している。

【0028】基板1は、サファイア（ Al_2O_3 、A面、R面、C面を含む）基板である。ただ、サファイア基板の他、スピネル（ $MgAl_2O_4$ ）、SiC（6H、4H、3Cを含む）、ZnS、ZnO、GaAs、GaN等、窒化物半導体を成長できる全ての材料を使用することもできるが、通常はサファイアが用いられることが多い。

【0029】バッファ層9は、基板1の全面に積層される。バッファ層9は、基板1と窒化物半導体層との間に積層されて、窒化物半導体層の結晶性を改善する。バッファ層9は、例えばGaN、AlN、GaAlN、ZnO等である。バッファ層9は、絶縁性基板1と窒化物半導体層との格子不整合を緩和するために、通常、5nm～0.5 μ mの膜厚で成長される。絶縁性基板に、窒化物半導体層と格子定数の近いもの、あるいは、格子定数の一致した基板を用いる場合には、バッファ層は必ずしも必要としない。絶縁性基板の表面に格子欠陥の少ない窒化物半導体層が成長できるからである。

【0030】n型クラッド層兼n型コンタクト層も、基板1の全面に成長される。この層は、 $In_aAl_bGa_{1-a-b}N$ （ $0 \leq a$ 、 $0 \leq b$ 、 $a+b \leq 1$ ）で表される窒化物半導体層である。この層は、好ましくは、GaN、a値を0.5以下とする $In_aGa_{1-a}N$ 、またはb値を0.5以下とする $Al_bGa_{1-b}N$ である。n型クラッド層の膜厚は特に限定するものではないが、n型コンタクト層として兼用するためには、0.5 μ m～5 μ m程度の膜厚で成長させることが望ましい。窒化物半導体層は、ノンドープの状態で結晶中にできる窒素空孔のためにn型となる性質がある。ただ、通常は、Si、Ge、Se等のドナー不純物を結晶成長中にドーピングする。キャリア濃度の高い好ましいn型とするためである。

【0031】活性層10Aは、単一量子井戸（SQW：Single-Quantum-Well）構造、もしくは、多重量子井戸（MQW：Multi-Quantum-Well）構造を有する、 $In_xGa_{1-x}N$ （ $0 < x \leq 1$ ）である。SQW構造、もしくはMQW構造とすると、非常に出力の高い発光素子が得られる。SQW、MQWとは、InGaNのバンドエネルギーによる、量子準位間の発光が得られる活性層である。例えば、SQWでは、活性層を単一組成の $In_xGa_{1-x}N$ （ $0 < x \leq 1$ ）で構成した層である。この層

は、膜厚を10nm以下、さらに好ましくは7nm以下として量子準位間の強い発光が得られる。MQWは、組成比の異なる $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ （この場合 $x=0$ 、 $x=1$ を含む）の薄膜を、複数積層した多層膜である。活性層10AをSQW、MQWとする発光ダイオードは、量子準位間発光で、約365nm～660nmの発光を実現する。

【0032】活性層10Aに接するp型クラッド層10Bは、p型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ （ $0<Y\leq 1$ ）である。この層は、好ましくは、Y値を0.05以上とする。高出力の素子とするためである。さらに、 AlGaIn は高キャリア濃度のp型が得やすい。また、成長時に分解しにくく、 InGaIn 活性層の分解を抑える作用がある。さらに、この層は、 InGaIn 活性層に対し、バンドオフセットおよび屈折率差を他の窒化物半導体に比べて大きくできる。

【0033】p型クラッド層10Bの膜厚は、1nm以上、2μm以下、さらに好ましくは5nm以上、0.5μm以下である。1nmよりも薄いと、p型クラッド層が存在しない状態に近くなり、発光出力が低下する。2μmより厚いと、結晶成長中にp型クラッド層自体にクラックが入りやすくなる。窒化物半導体層をp型とするには、結晶成長中に、Mg、Zn、C、Be、Ca、Ba等のアクセプター不純物をドーブする。さらに、高キャリア濃度のp層を得るために、アクセプター不純物をドーブした後、窒素、アルゴン等の不活性ガス雰囲気中で、400℃以上でアニーリングする。また、アニーリングに代わって電子線照射してキャリア濃度を高くすることもできる。

【0034】p型コンタクト層10Cは、p型GaN、好ましくはMgドーブp型GaNである。p型コンタクト層10Cは、透明電極6と接する層であるので、透明電極6にオーミック接触することが大切である。p型GaNは、多くの金属とオーミックが取りやすく、コンタクト層として最も好ましい。

【0035】以上の構造の窒化物半導体層は、有機金属気相成長法（MOVPE）、ハライド気相成長法（HDVPE）、分子線気相成長法（MBE）等の気相成長法によって絶縁性基板1に成長できる。その中でもMOVPE法によると、迅速に結晶性の良いものが得られる。MOVPE法では、GaソースとしてはTMG（トリメチルガリウム）、TEG（トリエチルガリウム）、AlソースとしてはTMA（トリメチルアルミニウム）、TEA（トリエチルアルミニウム）、InソースとしてはTMI（トリメチルインジウム）、TEI（トリエチルインジウム）等のトリアルキル金属化合物が多く用いられ、窒素源としてはアンモニア、ヒドラジン等のガスが用いられる。また不純物ソースとしてはSiであればシランガス、Geであればゲルマガス、MgであればCp₂Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）、

ZnであればDEZ（ジエチルジンク）等のガスが用いられる。MOVPE法ではこれらのガスを、例えば600℃以上に加熱された基板の表面に供給して、ガスを分解することにより、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0\leq x$ 、 $0\leq y$ 、 $x+y\leq 1$ ）をエピタキシャル成長させることができる。

【0036】

【実施例】よく洗浄したサファイア基板を反応容器内にセットし、反応容器内を水素で十分置換した後、水素を流しながら、基板の温度を1050℃まで上昇させサファイア基板のクリーニングを行う。

【0037】続いて、温度を510℃まで下げ、キャリアガスに水素、原料ガスにアンモニアとTMG（トリメチルガリウム）とを用い、サファイア基板上にGaNよりなるバッファ層9を20nmの膜厚で成長させる。

【0038】バッファ層9成長後、TMGのみ止めて、温度を1030℃まで上昇させる。1030℃になったら、同じく原料ガスにTMGとアンモニアガス、ドーパントガスにシランガスを用い、n型クラッド層として、Siを $1\times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドーブしたn型GaN層を4μm成長させる。

【0039】n型GaN層成長後、原料ガス、ドーパントガスを止め、温度を800℃にして、原料ガスにTMGとTMI（トリメチルインジウム）とアンモニアを用い、単一量子井戸構造の活性層10Aとして $\text{In}_{0.43}\text{Ga}_{0.57}\text{N}$ 層を3nmの膜厚に成長させる。

【0040】次に、原料ガス、ドーパントガスを止め、再び温度を1020℃まで上昇させ、原料ガスにTMG、TMA（トリメチルアルミニウム）、アンモニア、ドーパントガスにGp₂Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用い、p型クラッド層10BとしてMgを $1\times 10^{19}/\text{cm}^3$ ドーブした、p型 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$ 層を50nm成長させる。

【0041】TMAガスを止め、続いてp型コンタクト層10Cとして、Mgを $1\times 10^{19}/\text{cm}^3$ ドーブしたp型GaN層を1μm成長させる。

【0042】p型GaN層成長後、基板を反応容器から取り出し、アニーリング装置にて窒素雰囲気中、700℃で20分間アニーリングを行い、p型クラッド層10B、p型コンタクト層10Cをさらに低抵抗化する。

【0043】以上のようにして得られたウェハーのp型コンタクト層10C、p型クラッド層10B、および活性層10Aからなる多重半導体層10の一部をエッチングにより取り除き、n型窒化物半導体層2を露出させ、多重半導体層10に、PdとAuよりなる透明電極6を20nmとAuよりなるp電極5を2μmの膜厚で設け、n型窒化物半導体層2にTiとAlよりなるn電極4を2μmの膜厚で設け、350μm角のチップにカットした後、カップ形状を有するリードフレームに設置し、エポキシ樹脂でモールドして、発光ダイオードとす

る。

【0044】そのスペクトルを測定したところ、発光ピーク525nm、半値幅45nmの純緑色発光を示し、図4と図5に示す電極構造の発光ダイオードは、If（順方向電流）20mAにおいて、順方向電圧Vfは3.1V、図6と図7に示す電極構造の発光ダイオードは、3.2Vに低下した。ちなみに、図1に示す従来の電極構造の発光ダイオードは、電極構造を変更する以外は、実施例1と同様にして製作して、順方向電圧VfがIf（順方向電流）20mAにおいて、3.5Vであった。

【0045】

【発明の効果】本発明の、周縁に電極を有する発光ダイオードは、発光出力の低下を最小にして順方向電圧Vfを低下できる特長がある。それは、本発明の発光ダイオードが、対角線上にp電極とn電極からなる一対の電極を配設すると共に、一方の電極に周縁電極を接続し、他方の電極には透明電極を接続し、さらに、周縁電極を発光ダイオードの外周縁に沿って設け、透明電極を、周縁電極の内側に設けているからである。

【0046】さらに、請求項2に記載する発光ダイオードは、周縁電極を、透明電極に電気接続される電極が設けられた隅部で切欠して、透明電極に接続される電極が設けられた隅部を除く外周部に設けているので、順方向電圧Vfを低くして、請求項1に記載する発光ダイオードよりもさらに、発光出力を大きくできる特長がある。

【0047】この特長を図4に基づいて説明する。図4に示す発光ダイオードは、周縁のほぼ全体に周縁電極7を設けているので、順方向電圧Vfを最も低くできる。n電極4をn型窒化物半導体層2に広い面積で接触させて、n電極4とn型窒化物半導体層2との電気抵抗を小さくできるからである。ただ、この構造の発光ダイオードは、順方向電圧Vfを低下させるために設けた周縁電極7によって、発光領域が狭くなって、全体としての発光出力が多少は低下する傾向にある。

【0048】請求項2に記載する発光ダイオードは、順方向電圧Vfと発光出力とからなる総合的な発光特性を改善できる特長がある。それは、発光領域を拡大するために、周縁電極7の右下隅部をカットして、実線位置に設けられたp電極5を、鎖線位置に移動させているからである。p電極5を実線位置から鎖線位置に移動させることにより、本発明の発光ダイオードは、発光領域が拡大されて発光出力は向上する。ただ、この電極構造の発光ダイオードは、周縁電極の全長が短くなるので、順方向電圧Vfが高くなるように推測される。ところが、この構造の発光ダイオードは、周縁電極の全長を短くするにもかかわらず、順方向電圧Vfはほとんど変化しない。それは、p電極の周縁に設けた周縁電極が、他の部分に比較して、順方向電圧Vfを低下させる作用する割合が少ないからである。透明電極とp電極とを積層して

いるp型コンタクト層は、p電極で被覆される部分の電気抵抗が、p電極に被覆されない部分に比較して相対的に大きくなる。p電極に被覆される部分でp型コンタクト層の電気抵抗が大きいと、p電極とその周縁に設けた周縁電極との間で電流はほとんど流れない。p電極と周縁電極との間で有効に電流が流れないと、順方向電圧Vfは低下しない。このため、p電極の近傍に周縁電極を設けて、順方向電圧Vfを低下できる割合は少ない。p型コンタクト層のp電極で被覆される部分の電気抵抗が大きくなるのは、アニーリングするときに、p型層、とくに、最上層のp型コンタクト層から水素が除去されるのが、膜厚の厚いp電極で阻止されるからである。p型コンタクト層を成長させるときに、この層に含まれる水素は、p型コンタクト層にドーピングされるドーパントと結合して、p型コンタクト層の電気抵抗を大きくしている。水素は、透明電極とp電極を積層した状態で、アニーリングするときにp型コンタクト層から除去される。ただ、厚いp電極で被覆される部分は、p電極を水素が透過し難いので、水素が有効に除去されない。このため、p電極で被覆される部分は電気抵抗が大きくなってしま

【0049】請求項2の発光ダイオードは、順方向電圧Vfを低下させるために有効に作用させるのが難しい周縁電極の一部をカットし、この部分に電極を配設している。このため、周縁電極を短くするにもかかわらず順方向電圧Vfを低くでき、しかも、発光面積を拡大して発光出力を大きくできる極めて優れた特長を実現する。

【0050】さらに、本発明の請求項4に記載される発光ダイオードは、p電極とn電極異なる平面形状としている。この構造の発光ダイオードは、電極にワイヤーボンディングする装置でp電極とn電極とを間違えずに正確に識別できる特長がある。ワイヤーボンディングする装置は、画像認識してp電極とn電極とを識別するので、両電極が同じ形状をしていると、p電極とn電極とを正確に識別するのが難しいが、p電極とn電極の平面形状が異なると、正確に識別して、ワイヤーボンディングできる特長がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の発光ダイオードの平面図

【図2】図1に示す発光ダイオードの断面図

【図3】従来の他の発光ダイオードの平面図

【図4】本発明の実施例の発光ダイオードの平面図

【図5】図4に示す発光ダイオードの断面図

【図6】本発明の実施例の発光ダイオードの平面図

【図7】図6に示す発光ダイオードの断面図

【符号の説明】

1…基板

2…n型窒化物半導体層

3…p型窒化物半導体層

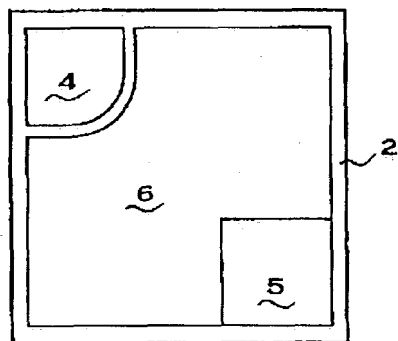
4…n電極

5…p電極
6…透明電極
7…周縁電極
8…電極
9…バッファ層

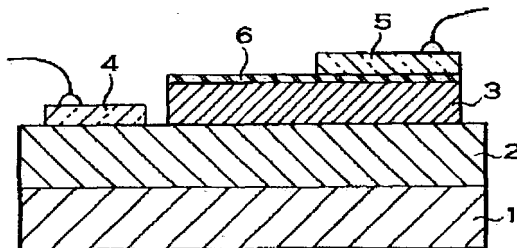
10…多重半導体層
B…p型クラッド層
10C…p型コンタクト層
11…保護膜

10A…活性層 10

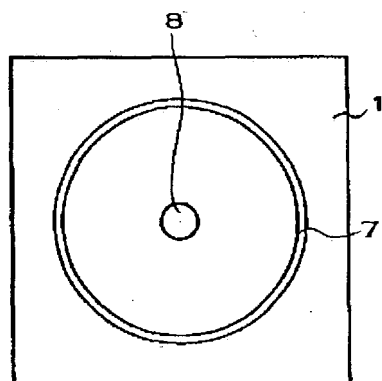
【図1】



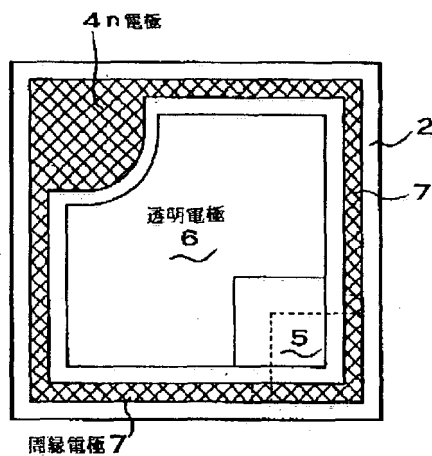
【図2】



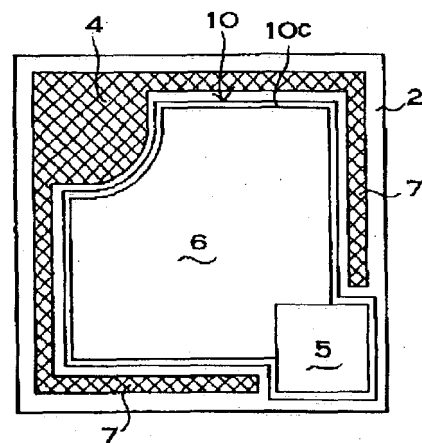
【図3】



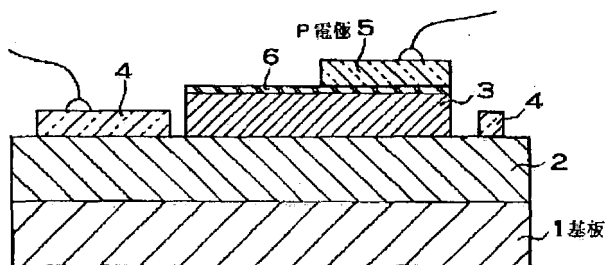
【図4】



【図6】



【図5】



【図7】

